

CONCEPTS ET IMPLICATIONS DE LA TRAITE AUTOMATISÉE

Henk HOGEVEEN¹, M.Sc., Ph.D.

Chef de projet sur le bien-être, la santé et la qualité du lait
Institut de recherche en zootechnologie
Lelystad, Pays-Bas

Conférence préparée avec la collaboration de :

Yvonne VAN DER VORST, M.Sc.

Chercheuse scientifique sur la qualité du lait

Kees DE KONING, B.Sc.

Chef de projet sur le lait et les techniques de logement

Betsie A. SLAGHUIS, M.Sc.

Chercheuse scientifique sur la qualité du lait

Institut de recherche en zootechnologie

Lelystad, Pays-Bas

¹Affiliation actuelle : Groupe de gestion des exploitations,
Université de Wageningen, Pays-Bas



INTRODUCTION

À partir de la fin des années 1970, la recherche sur l'automatisation des fermes laitières a débuté par la mise au point de systèmes fiables d'identification des vaches. Les premières applications ont porté sur les modules de distribution de concentrés. Avec l'introduction de l'équipement d'enregistrement du rendement du lait, l'automatisation a également fait son entrée dans la salle de traite. Parallèlement, l'évolution de la technologie de traite s'est traduite par une réduction de la main-d'œuvre. Dans une salle de traite bien équipée, les tâches du producteur de lait se limitent au branchement de l'unité de traite et au contrôle du lait et de la vache.

Au milieu des années 1980, afin d'étudier la dernière étape précédant l'automatisation intégrale du processus de traite, on a utilisé un module de distribution de concentrés pour construire une salle de traite pour une vache. Les vaches avaient accès à ce module de distribution de concentrés 24 heures sur 24. Lorsque les vaches y entraient, l'unité de traite était posée manuellement. Cette première expérience a révélé qu'en principe, la traite automatique d'une vache serait possible dans un module de distribution de concentrés (Rossing *et al.*, 1985). La dernière étape (et la plus complexe) dans l'automatisation intégrale de la traite portait sur la mise au point d'un système de branchement automatisé de l'unité de traite.

Au début des années 1990, on étudiait plusieurs principes de branchement des unités de traite (Marchal *et al.*, 1992; Street *et al.*, 1992; Dück, 1992; Van der Linde et Lubberink, 1992; Klomp *et al.*, 1990). En 1992, les premiers robots de traite furent installés dans des exploitations laitières commerciales des Pays-Bas. Depuis ce temps, la technologie progresse rapidement. En Europe, presque toutes les sociétés de matériel de laiterie offrent un robot de traite dans leurs gammes de produits, et le robot de traite est bel et bien passé du domaine de la fiction à celui de la réalité.

Le présent document donne un aperçu des principes du robot de traite et de ses répercussions sur la gestion d'un élevage laitier.

EXPLOITATIONS DOTÉES D'UN ROBOT DE TRAITE

C'est dans le nord-ouest de l'Europe qu'on a conçu les premiers robots de traite. Des robots de traite sont également en cours de conception au Japon (Hachiya *et al.*, 2000). La raison pour laquelle ces pays ont entrepris la mise au point de robots de traite est fort probablement liée au coût élevé de la main-d'œuvre dans ces pays et au système de production. La plupart des

exploitations sont de type familial et l'embauche de main-d'œuvre externe représente une décision coûteuse. Dans certains pays, comme les Pays-Bas, le système fiscal favorise les investissements requis. De plus, dans les pays dotés d'un système de fixation des prix du lait et où le prix du lait est relativement élevé, il est plus facile de procéder aux investissements coûteux dans la technologie de la traite que dans un pays où le prix du lait est moins élevé, comme les États-Unis (Armstrong et Daugherty, 1997; Dijkhuizen *et al.*, 1997). Cependant, à mesure que le robot de traite s'est répandu, l'intérêt a également gagné les producteurs nord-américains. De nos jours, les robots de traite offrent un potentiel intéressant aux États-Unis. (Reinemann et Jackson-Smith, 2000) comme au Canada (Rodenburg et Kelton, 2001). Ce n'est pas non plus le fruit du hasard si des sociétés comme Prolion et Lely, dont les gammes de produits n'ont jamais comporté de systèmes de traite classiques, ont mis au point et commercialisé avec succès les premiers robots de traite. Pour ces sociétés, chaque robot de traite vendu accroît le chiffre d'affaires. Pour les sociétés de matériel de traite, la vente d'un robot de traite ne génère pas de nouvelles ventes, car le robot de traite ne fait que remplacer leurs produits initiaux.

Ce sont des exploitations laitières commerciales des Pays-Bas qui revendiquent l'utilisation des premiers robots de traite. Cela est probablement dû au fait que Prolion et Lely Industries étaient des entreprises hollandaises. Dans les années 1990, d'autres sociétés ont entrepris la mise au point de robots de traite (DeLaval, Insentec, Orion, Westfalia-Surge), parfois en se fondant sur les principes existants. D'autres entreprises de matériel de traite ont retenu la technologie existante de branchement de l'unité de traite et l'ont jumelée à leur propre technologie de traite afin de mettre au point un robot de traite de leur cru (Fullwood, Gascoigne-Melotte, Boumatic).

Le nombre d'exploitations équipées d'un robot de traite n'a pas progressé très rapidement avant 1998 (figure 1). Mais à partir de cette année-là, aux Pays-Bas, le robot de traite a été accepté par une grande partie de l'industrie laitière et d'autres pays l'ont également adopté. En janvier 2001, plus de 700 exploitations commerciales dans le monde utilisaient au moins un robot de traite. En raison du nombre de vaches à traire, plusieurs exploitations comptent plus d'une stalle de traite. Le nombre de robots de traite vendus est donc largement supérieur à 700. La plupart des élevages laitiers dotés d'un robot de traite se trouvent dans les Pays-Bas et plus de 90 % de toutes les exploitations laitières utilisant un robot de traite sont situées dans le nord-ouest de l'Europe (figure 2).

Figure 1. Nombre d'exploitations laitières commerciales (à l'échelle mondiale) utilisant au moins un robot de traite

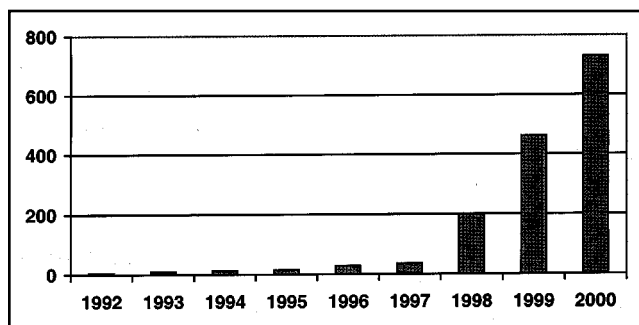
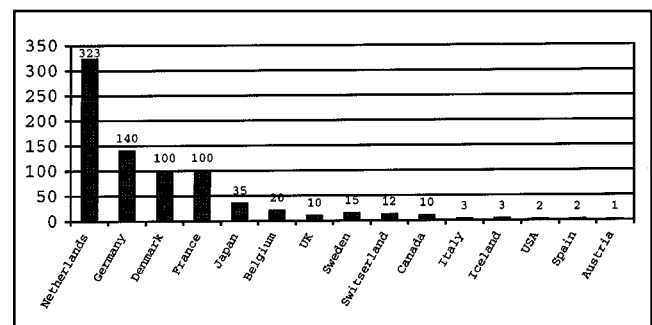


Figure 2. Nombre d'exploitations laitières commerciales avec robot de traite en janvier 2001, dans différents pays



PRINCIPES DE LA TRAITE AUTOMATISÉE ET SYSTÈMES OFFERTS

Le robot de traite doit remplacer « les yeux et les mains » du producteur laitier. C'est pourquoi le robot est muni de dispositifs électroniques d'identification des vaches, de nettoyage et de traite, ainsi que de systèmes de détection commandés par ordinateur pour déceler toute anomalie. Le robot de traite se compose de six modules principaux :

- stalle de traite;
- système de détection des trayons;
- bras robotisé pour le branchement de l'unité de traite;
- système de nettoyage des trayons;
- système de contrôle comprenant des capteurs et des logiciels;
- matériel de traite.

La stalle de traite

La stalle de traite consiste essentiellement en un module de distribution de concentrés auquel les vaches ont librement accès pour se nourrir. Le confort des vaches dans la stalle de traite est très important, car il augmente l'attrait du robot de traite et influe positivement sur le degré de circulation des vaches. La plupart des robots de traite prévoient des stalles de traite modifiant la posture de la vache afin d'accroître le rendement du système (p. ex., Devir *et al.*, 1996; Mottram, 1992). Avec certains systèmes de traite automatisés, la longueur de la stalle peut s'ajuster à celle de la vache

(Devir *et al.*, 1996), ce qui limite les déplacements de l'animal susceptibles de nuire au rendement du système. Les robots de traite peuvent consister en des systèmes à stalle unique ou à stalles multiples. Certaines entreprises offrent un robot avec une stalle de traite dotée d'un bras robotisé (système à stalle unique). D'autres offrent des systèmes où une à quatre stalles de traite alignées sont desservies par un seul bras robotisé (système à stalles multiples). Dans ces derniers systèmes, le bras robotisé se déplace d'une stalle à l'autre pour brancher l'unité de traite. Le système à stalle unique permet de traire environ 60 vaches de 2,5 à 3 fois par jour. Un système à quatre stalles permet de traire quelque 160 vaches de 2,5 à 3 fois par jour. Ces chiffres approximatifs sont fondés sur l'expérience pratique. La capacité de traite est fonction des caractéristiques propres à chaque exploitation, telles que l'aménagement de l'étable, le système d'alimentation et la main-d'œuvre disponible. La capacité, c'est-à-dire la production totale de lait par année, dépend également du rendement annuel moyen du troupeau et du débit de lait moyen à la minute durant la traite. Quelle quantité de lait peut être traitée par un robot? En 1999, à l'exploitation de haute technologie de Waiboerhoeve, une ferme expérimentale de l'Institut de recherche en zootechnologie, le troupeau de 70 vaches a produit environ 700 000 kg de lait avec un robot de traite. Toutefois, 1999 était la première année de fonctionnement de la ferme et la main-d'œuvre se limitait à 2 500 heures par année. Le but de cette ferme expérimentale est de tirer 800 000 kg de lait par année et plus, dans la mesure du possible, selon les contraintes imposées par les 2 500 heures de travail par année. Certaines exploitations commerciales traitent peut-être une quantité supérieure de lait dans une année. Bien que ces exploitations démontrent les possibilités du robot de traite, on peut les considérer comme des exceptions dont les résultats ne sont possibles qu'en présence de facteurs très favorables, d'une production de lait élevée par vache et de la main-d'œuvre requise pour maximiser la capacité du robot de traite.

Système de détection des trayons

La forme du pis et la position des trayons diffèrent d'une vache à l'autre. La distance entre les trayons et les dimensions de ces derniers varient non seulement d'une race à l'autre, mais aussi d'un troupeau à l'autre. La position des trayons peut également changer chez la même vache (Miller *et al.*, 1995). Cette variation dépend de différents facteurs tels que la quantité de lait, l'intervalle de traite, la déformation du pis causée par l'allongement de l'animal dans son aire de repos et le stade de lactation. La hauteur des trayons, entre les trayons avant et arrière, varie également d'une vache à l'autre ou encore chez un même animal. Un autre facteur est que les vaches, bien que leurs mouvements soient limités, peuvent bouger dans la stalle de traite, ce qui modifiera la position des trayons.

La position du pis et des trayons peut être mesurée et les résultats consignés dans une base de données, mais il est impossible de brancher l'unité de traite avec succès à partir de ces données. Un robot de traite a donc besoin d'un système actif de détection des trayons afin de localiser ces derniers. Ce processus relativement difficile sur le plan technique a été résolu grâce à différentes techniques, comme les ultrasons, le laser et la détection visuelle (Artmann, 1997). Ces techniques servent à établir la position et l'emplacement des trayons par rapport à un point fixe sur le bras robotisé. En fait, le système crée une image en trois dimensions, ce qui lui permet de savoir où brancher le gobelet au trayon. L'environnement dans lequel sont utilisées ces techniques est assez particulier en raison de la présence d'humidité, de poussière et de fumier. Les ouvriers doivent s'ajuster à ces conditions difficiles, à défaut de quoi le rendement du robot sera insuffisant.

Le bras robotisé

Différents types de bras robotisés sont utilisés par les divers robots de traite (Artmann, 1997; Rossing et Hogewerf, 1997). Certains bras robotisés imitent la traite classique en utilisant un bras muni d'une pince qui saisit l'unité de traite de son support sur le côté de la stalle. Les quatre gobelets sont branchés un à un. En plus de brancher l'unité de traite, certains bras robotisés surveillent leur position durant la traite et désinfectent les trayons en fin de traite. D'autres systèmes (à stalles multiples) sont dotés de bras amovibles pouvant être déplacés d'une stalle à l'autre. Chaque unité de traite compte quatre gobelets de traite disposés sur un support spécial. Le bras robotisé se déplace d'une unité à l'autre, saisit tous les gobelets de traite, ou un à la fois, et entreprend le branchement. Une fois les gobelets installés, le bras robotisé est débranché et peut être déplacé à l'unité suivante.

Un autre système (à stalle unique) utilise un bras robotisé auquel est intégré un support de traite fixe. Chaque gobelet de traite est branché séparément, en com-

mençant par les gobelets des trayons arrière et en terminant avec ceux des trayons avant.

Généralement, le branchement prend beaucoup de temps, soit entre 45 et 100 secondes, selon le comportement de la vache et les caractéristiques du pis. Un producteur chevronné a besoin de 10 à 15 secondes pour brancher les quatre gobelets. Tous les systèmes existants branchent les quatre gobelets successivement.

Système de nettoyage des trayons

Avant la traite, le pis et les trayons doivent être nettoyés, l'éjection du lait doit être simulée et l'état du pis doit être vérifié (Pankey, 1989). Le nettoyage des trayons a essentiellement pour but d'enlever la terre et toute autre particule adhérent aux trayons et aux parties adjacentes du pis, de façon à réduire la contamination du lait au minimum. Les robots de traite actuels ne sont pas munis de capteurs capables de déceler la quantité de terre sur les trayons (Mottram, 1997); c'est pourquoi le système de nettoyage doit partir du principe que les trayons sont sales. Il est très important d'effectuer un nettoyage efficace lorsqu'on note la présence de niveaux élevés de bactéries sporulées dans le milieu environnant de la vache. Le système de nettoyage des trayons devrait également viser à réduire le plus possible le risque de transfert d'agents pathogènes d'un trayon à l'autre ou d'une vache à l'autre.

Avec les robots de traite, le nettoyage des trayons repose sur plusieurs principes :

- nettoyage séquentiel par des brosses ou des rouleaux;
- nettoyage simultané par une brosse rotative horizontale;
- nettoyage avec de l'eau dans le même gobelet que celui utilisé pour la traite;
- nettoyage par un dispositif distinct des gobelets trayeurs.

Généralement, on utilise de l'eau ordinaire pour nettoyer les trayons. Parfois, les systèmes de nettoyage sont rincés avec de l'eau ordinaire ou désinfectés entre plusieurs nettoyages consécutifs. Lorsque des désinfectants sont utilisés, il est important de s'assurer que les trayons sont exempts de traces de désinfectant avant de procéder à la traite. Les premières recherches effectuées sur les systèmes de nettoyage des trayons (ceux qui étaient disponibles à l'époque) révélaient que l'efficacité des systèmes de nettoyage constituait un sujet de préoccupation. Plusieurs essais ont démontré que le nettoyage réalisé à l'aide de ces systèmes valait mieux qu'aucun nettoyage, mais n'était pas aussi efficace que le nettoyage manuel par l'éleveur dans les systèmes de traite classique (Schuiling, 1992).

Cependant, il n'existe aucune donnée récente sur l'efficacité des systèmes actuels de nettoyage des trayons et sur leurs effets secondaires potentiels, en particulier le risque accru d'infection intramammaire.

En plus de nettoyer les trayons, les systèmes de nettoyage automatiques stimulent également le processus d'éjection du lait. La stimulation du réflexe d'éjection du lait est nécessaire à une traite efficace. Les stimulus les plus importants sont le nettoyage du pis et des trayons et l'action de la trayeuse (mouvement vertical des manchons). On ne sait pas s'il existe une différence entre les méthodes de nettoyage des trayons des divers robots de traite en ce qui a trait à l'intensité du réflexe d'éjection du lait. Toutefois, il est évident qu'un prétraitement automatisé peut être répété plus souvent qu'un prétraitement manuel, ce qui pourrait avoir un effet favorable sur l'éjection du lait.

Les systèmes de contrôle et les capteurs

Les robots de traite ont besoin de divers capteurs pour observer et contrôler la traite de la même façon que s'y prend le préposé à la traite. Ces capteurs sont les « yeux » du robot de traite et leur tâche consiste à observer et à contrôler le processus de traite. Celui-ci comprend le début du processus d'éjection du lait, le rendement du lait, la conductivité électrique (afin de vérifier l'état du pis), la température du lait, l'ingestion d'aliments, parfois le poids corporel, et ainsi de suite. Toutes les données mesurées sont automatiquement consignées dans la base de données et un programme de gestion est utilisé pour analyser ces données et contrôler les réglages et les conditions relativement aux vaches à traire. Des listes d'instructions et des rapports sont fournis au producteur, à l'écran ou sur papier. Dans les situations d'urgence comme un bris, ou lors de graves problèmes avec une vache, le système avise immédiatement l'éleveur en envoyant un message par téléphone mobile ou par le biais d'une alarme.

Le robot de traite

Le robot de traite reproduit plus ou moins les techniques de traite des salles de traite traditionnelles, sauf qu'il n'y a pas de griffes à lait. Cela signifie également qu'on procède indépendamment à la traite de chaque quartier. Pour chaque quartier, on utilise un gobelet et un lactoduc à pulsations, et le lait de chaque quartier est acheminé jusqu'au compteur à lait ou à la chambre de réception. En règle générale, les lactoducs sont beaucoup plus longs que ceux qu'on retrouve dans les systèmes de traite classiques, ce qui se traduit par une perte de vide considérable sous le trayon durant la traite. Une entrée d'air sous le gobelet sert à l'acheminement du lait, du gobelet à la chambre de réception. En raison de la longueur du lactoduc, le ratio air:lait dans le robot de traite est de presque 10:1 comparativement

à 3:1 avec les systèmes de traite classiques. Cela pourrait fort bien expliquer les taux accrus d'acides gras libres dont il sera fait mention plus loin.

CONSIDÉRATIONS SUR LE PLAN DE LA GESTION

Le passage de la traite classique à la traite automatisée amène des changements importants susceptibles de causer du stress à l'éleveur, ainsi qu'à la vache. L'utilisation d'un robot de traite ne demande plus une supervision permanente de la traite. Ce qui ne veut pas dire que le temps traditionnellement consacré à la traite sera entièrement récupéré. L'installation d'un robot de traite donne lieu à de nouvelles tâches : surveillance du robot de traite, vérification des listes de contrôle des vaches (deux à trois fois par jour), conduite de chaque vache au robot de traite, etc. Il existe très peu de données sur les économies de main-d'œuvre découlant de la traite automatique sur le terrain. Une étude sur modèle a fait état d'une économie de 38 % des travaux physiques dans le cas d'une circulation normale des vaches (Sonck, 1995). Une étude sur modèle plus récente a révélé une réduction du temps de travail de l'ordre de 30 % dans le cadre d'une comparaison entre un robot de traite et une salle de traite en épi de 2 x 5 stalles (Schick *et al.*, 2000). Les données provenant de 14 exploitations ont montré que le temps consacré aux tâches relatives à la traite avec un robot (contrôle des vaches et du robot de traite, accompagnement des vaches, etc.) variait de 32 minutes à près de 3 heures par exploitation par jour. Pour ce qui est de la main-d'œuvre par vache par jour, l'écart variait de 27,3 à 85,9 secondes par vache par jour (Van 't Land *et al.*, 2000). Non seulement la quantité de travail change-t-elle, mais également la nature des tâches. Plutôt que d'être limité essentiellement à un travail manuel durant la traite, l'éleveur doit jeter occasionnellement un coup d'œil aux listes d'instructions de l'ordinateur du robot de traite et prendre les décisions qui s'imposent. Toutefois, le travail est moins prenant comparativement aux systèmes de traite classiques, ce qui favorise un apport de main-d'œuvre plus souple. C'est une caractéristique particulièrement attrayante dans les exploitations familiales, où toute la charge de travail est assumée par une ou deux personnes. Par contre, comme la traite est maintenant devenue un processus étalé sur 24 heures, il peut se produire des défaillances du système à n'importe quel moment de la journée. Lorsqu'un robot de traite connaît des ratés, une alarme se déclenche, par exemple, sur un téléphone mobile. Il est donc important qu'il y ait toujours une personne en fonction pour pouvoir intervenir en cas de défaillance du système. L'expérience pratique montre que les défaillances se produisent à peu près aux deux semaines. Un entretien et une présence appropriés permettent de réduire le nombre de défaillances. Par exemple, les capteurs pourraient avoir des ratés parce qu'ils sont sales. Ces problèmes sont donc faciles à prévenir.

La mise en place d'un robot de traite peut avoir d'importantes répercussions sur les vaches, surtout lorsque les animaux passent d'un système de stabulation entravée à un système de stabulation libre avec robot de traite. Le robot de traite pourrait ne pas convenir à toutes les vaches, en raison de la forme du pis, de la position des trayons ou du comportement de l'animal. L'introduction du robot de traite pourrait ainsi entraîner la réforme de certains animaux, mais il n'existe aucune donnée sur le sujet. D'après l'expérience vécue, on s'attend à ce que le taux de réforme des vaches ne pouvant s'adapter à la traite automatisée atteigne environ 5 à 10 %. Après la mise en place d'un robot de traite, il est évident que les raisons justifiant la réforme changeront, en particulier dans les exploitations soumises à un système d'établissement des prix du lait. Ces nouvelles raisons justifiant la réforme d'animaux ne devraient normalement pas donner lieu à une hausse du taux de réforme.

La période de transition qui marque le passage d'un système de traite traditionnel au robot de traite est extrêmement importante et très souvent sous-estimée. Pour apprendre aux vaches à s'adapter à leur nouvel environnement et au robot de traite, il faut les manipuler avec calme et constance. Il importe de ne pas intervenir trop rapidement et de laisser les vaches apprendre d'elles-mêmes. En général, les vaches plus jeunes s'adaptent plus facilement au robot de traite que leurs congénères plus âgées. Les génisses introduites dans un troupeau géré par un robot de traite ont tendance à s'adapter facilement. Il n'est pas recommandé d'introduire des vaches provenant d'un système de traite classique dans une exploitation faisant appel au robot de traite. Le changement le plus important lors du passage d'un système de traite traditionnel au robot de traite ne concerne toutefois pas les vaches, mais plutôt la gestion de l'exploitation. Le processus de traite se déroule 24 heures sur 24 et sans supervision humaine. Ces changements risquent d'influer sur la qualité du lait, l'aménagement de l'étable et la circulation des vaches, ainsi que sur la capacité du robot de traite.

La transition efficace au robot de traite est aussi fortement liée aux attentes du producteur laitier. Lorsque les attentes sont trop élevées, il en va de même pour les déceptions. Des attentes élevées demandent un apport élevé en main-d'œuvre et en gestion. Presque tous les fabricants de robots de traite ont déjà eu affaire à des producteurs qui sont revenus à un système de traite classique. On ne peut établir avec fiabilité le nombre de producteurs qui sont retournés à un système de traite traditionnel et les raisons pour lesquelles ils l'ont fait. Voici quelques éléments clés d'une transition efficace au robot de traite :

- attentes réalistes;
- bon soutien à la gestion par des conseillers chevronnés avant, pendant et après la période de transition;
- souplesse et discipline dans le contrôle du système et des vaches;

- capacité de travailler à l'ordinateur;
- grande attention accordée à une circulation appropriée des vaches et volonté d'investir dans l'aménagement de l'étable pour faciliter la circulation des animaux.

LA QUALITÉ DU LAIT

Par rapport à la salle de traite classique, le robot de traite peut influencer de bien des façons sur la qualité du lait. Premièrement, les vaches peuvent être traitées plus de deux fois par jour. Lorsque la traite a lieu trois fois par jour, plutôt que deux fois seulement dans les salles de traite classiques, on signale une hausse du rendement du lait, une diminution de la teneur en matières grasses et en protéines et une augmentation des acides gras libres (AGL) (Ipema et Schuiling, 1992; Jellema, 1986; Klei *et al.*, 1997). Un changement du ratio air:lait pourrait également influencer sur le taux d'AGL. Une lipolyse prononcée du lait, qui produit des taux élevés d'acides gras libres, altère le goût du lait. Les taux élevés d'AGL dans le lait doivent être évités, surtout en ce qui concerne la production de beurre.

Bien que le robot de traite soit en fonction 24 heures sur 24, le système ne procède pas comme tel à la traite des vaches 24 heures sur 24. Par conséquent, le lait demeure dans le système pendant quelque temps, ce qui peut favoriser la prolifération bactérienne. Le faible nombre de vaches traitées à l'heure entraîne également des changements à l'équipement de refroidissement du réservoir à lait. En outre, la construction du matériel de traite, comme le poste de traite et les lactoducs d'un robot de traite, n'est pas la même que pour le matériel de traite classique. Étant donné l'absence de préposé à la traite durant le processus de traite, il est impossible d'effectuer une vérification directe de l'apparence du lait et du pis, et donc de la mammite clinique. L'état du pis est connu d'après les données obtenues à partir de la conductivité électrique, de la température du lait et de la production laitière. Qui plus est, le nettoyage du pis avant la traite ne peut être réalisé par un préposé. Les différents types de robots de traite actuellement sur le marché sont tous dotés d'un dispositif de nettoyage des trayons avant la traite. Ces dispositifs de nettoyage traitent toutes les vaches de la même façon et ne font aucune différence entre un pis sale et un pis propre. Comme un robot traite de 50 à 60 vaches, il existe un plus grand risque de propagation des agents pathogènes de la mammite d'une vache à l'autre.

Tous les éléments décrits plus haut, qui distinguent les robots de traite des systèmes classiques, peuvent influencer sur la qualité du lait. Or, la qualité du lait est un aspect très important de la production laitière. Les systèmes de réglementation du lait et l'acceptation par les consommateurs reposent en partie sur cet aspect.

Étude hollandaise sur la qualité du lait

En 2000, une étude a été réalisée dans toutes les exploitations hollandaises utilisant un robot de traite (Van der Vorst et Hogeveen, 2000). Sur 180 exploitations, 101 convenaient à cette étude. Les autres venaient tout juste de passer à un robot de traite, avaient une salle de traite classique en plus du robot de traite, avaient un numéro d'enregistrement douteux ou ne souhaitaient pas collaborer. Les exploitations de l'étude furent réparties entre les exploitations de la première génération (AM1, les « innovatrices » qui sont passées au robot de traite avant 1998) et les exploitations de la deuxième génération (AM2). Deux groupes témoins ont été utilisés. Un groupe de 60 exploitations, à deux traites par jour (fermes 2x), a été sélectionné au hasard à partir de la base de données du programme de contrôle hollandais de la qualité du lait (Station de contrôle du lait). Le deuxième groupe témoin a été établi par le AATL hollandais (analyse d'amélioration des troupeaux laitiers) et se composait de toutes les exploitations (45) à trois traites par jour (fermes 3x) avec une salle de traite classique.

Pour la période s'étalant de juin 1997 à la mi-octobre 1999, pour chaque ferme sélectionnée, les données sur la qualité du lait en vrac ont été fournies par le programme hollandais sur le contrôle de la qualité du lait. Les paramètres de la qualité du lait étaient les suivants : numération des bactéries totales (BT, aux deux semaines), compte de cellules somatiques du lait en

vrac (CS, aux quatre semaines), point de congélation (PC, aux six mois) et acides gras libres (AGL, deux fois par année).

Les exploitations de première génération avec robot de traite avaient déjà fait l'objet d'une étude par Klungel *et al.* (2000). Après la mise en place du robot de traite, il fut démontré qu'en moyenne, ces exploitations affichaient une augmentation des paramètres BT, PC et AGL, alors que le CS restait au même point. Dans le cas des exploitations de deuxième génération, les valeurs moyennes de tous les paramètres de la qualité (BT, CS, PC et AGL) progressaient après la mise en place du robot de traite (tableau 1). Toutefois, avant et après la mise en place du robot de traite, le CS des fermes AM2 était inférieur à celui des fermes AM1. Après la mise en place du robot de traite, le taux d'AGL dépassait celui des exploitations 2x et 3x. Des données sur le CS et la BT en provenance du Danemark et du Canada étaient conformes aux données hollandaises (Justesen et Rasmussen, 2000; Rodenburg et Kelton, 2001). Cependant, il était prématuré de tirer quelque conclusion que ce soit de ces résultats sur la qualité du lait, particulièrement avec les données canadiennes.

La variabilité au sein des différents types d'exploitation était considérable. Plus précisément, la variabilité de la BT et du PC a augmenté au sein des exploitations de deuxième génération après la mise en place du robot de traite.

Le tableau 2 présente le pourcentage d'échantillons de lait en vrac dépassant les limites hollandaises admis-

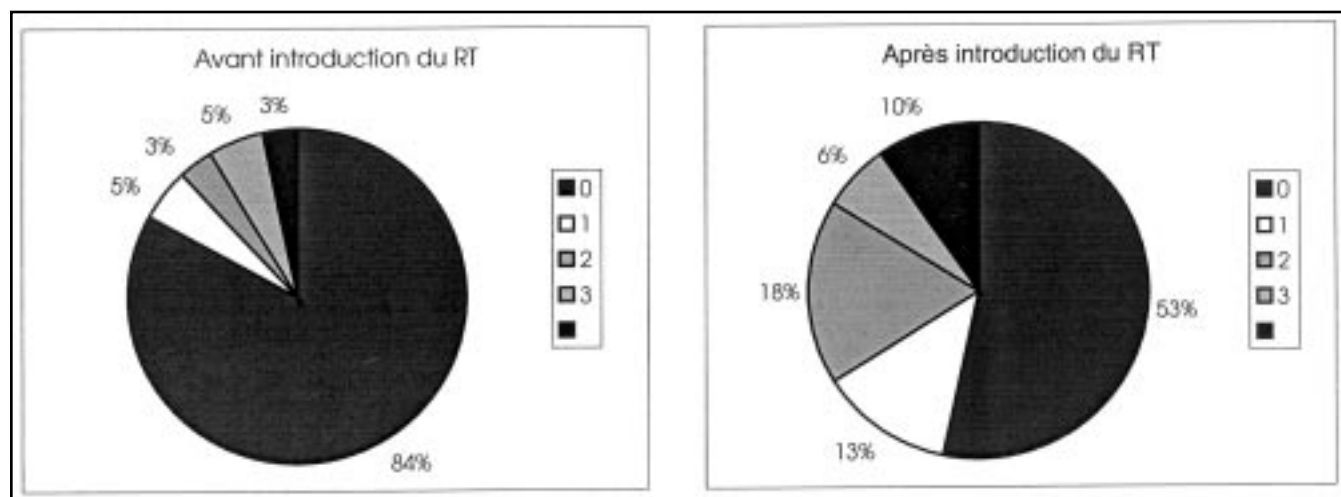
Tableau 1. Qualité du lait des exploitations de première génération avec robot de traite (AM1), des exploitations de deuxième génération avec robot de traite avant (AM2 AV) et après (AM2 AP) l'introduction du robot de traite, des exploitations à deux traites (2x) et à trois traites (3x)

	BT 1 000 b.t./ml	CS 1 000 c.s./ml	PC ° C	AGL meq/100 g m.g.
AM1	17	204	-0,517	0,65
AM2 AV	8	181	-0,521	0,42
AM2 AP	12	192	-0,516	0,61
Fermes 2x	8	181	-0,520	0,44
Fermes 3x	8	175	-0,521	0,54

Tableau 2. Pourcentages (%) d'échantillons de lait en vrac dépassant les limites hollandaises admissibles pour les exploitations de première génération avec robot de traite (AM1), les exploitations de deuxième génération avec robot de traite avant (AM2 AV) et après (AM2 AP) l'introduction du robot de traite, les exploitations à deux traites (2x) et à trois traites (3x)

	BT >100 000 b.t./m	CS >400 000 c.s./ml	PC >-0,505 ° C	AGL >1 meq/ml
AM1	5,0	6,5	2,4	8,1
AM2 AV	1,2	2,0	0,6	0,6
AM2 AP	2,8	4,9	1,8	4,2
Fermes 2x	1,2	4,4	0,4	1,3
Fermes 3x	1,2	3,7	0,9	4,9

Figure 3. Distribution statistique du nombre de réductions du prix du lait par ferme, pour les fermes de deuxième génération, avant et six mois après l'introduction du robot de traite.



sibles, pour chaque type d'exploitation et chaque paramètre de la qualité. Les limites hollandaises admissibles étaient de 100 000 b.t./ml, 400 000 c.s./ml, 0,505 °C et 1 meq/ml, respectivement, pour les paramètres BT, CS, PC et AGL. Le paramètre AGL affichait la plus forte hausse en points de pénalité. Tel qu'indiqué plus haut, la quantité d'AGL après la mise en place du robot de traite était supérieure à la moyenne des exploitations 3x. Les points de pénalité pour les paramètres BT, CS et PC ont progressé plus ou moins également, avec un facteur de 2 ou 3 comparativement à la période précédant la mise en place du robot de traite. Bien qu'on ait noté une diminution de la qualité du lait dans les exploitations hollandaises équipées d'un robot de traite, 53 % des exploitations avec un robot de traite ont toujours produit un lait de première qualité (c.-à-d. sans réduction du prix du lait) (figure 3).

Détection de la mammite clinique

Comme il n'y a plus de préposé à la traite, un système de capteurs doit détecter la mammite clinique. En pratique, lorsque le système émet un avertissement de mammite clinique, le producteur jettera un coup d'œil à la vache avant d'effectuer le traitement. Par conséquent, les faux résultats positifs (mise en garde non fondée), s'ils ne sont pas trop nombreux, ne constitueront pas un problème. Les seuls coûts engagés sont ceux associés à la vérification par l'éleveur. Il est important d'identifier le plus grand nombre possible de vaches atteintes de mammite clinique (de préférence toutes), ce qui demande un système très sensible. Il faut à tout le moins détecter les vaches atteintes de mammite clinique grave (symptômes systémiques et locaux graves). Le nombre de vaches qui figurent sur la liste de contrôle, mais qui n'ont pas de mammite clinique, ne sera peut-être pas trop élevé, ce qui entraînera un faible pourcentage de faux résultats positifs. À l'heure

actuelle, la conductivité électrique (CE) sert de principal capteur pour la détection de la mammite clinique.

Pour traiter de l'efficacité des capteurs, on utilise les termes sensibilité et spécificité. La sensibilité fait référence à la probabilité qu'une traite donnant un lait anormal (ou une vache atteinte de mammite clinique) soit classée comme telle (résultat positif). La spécificité fait référence à la probabilité qu'une traite sans anomalie (ou une vache sans mammite clinique) soit classée comme normale (résultat négatif). La sensibilité et la spécificité sont interdépendantes. Si le seuil d'un test est relevé, la quantité de résultats positifs, et donc la sensibilité, diminueront. Par contre, la spécificité augmentera. Les seuils doivent donc être fixés de façon à obtenir un degré optimal de sensibilité et de spécificité. Cependant, pour une évaluation pratique, les valeurs prédictives (positives et négatives) d'un test sont plus importantes. La valeur prédictive dépend de la sensibilité, de la spécificité et de la prévalence d'une maladie.

Bien que certaines études de laboratoire aient établi une sensibilité de 100 % lorsque la CE était utilisée pour détecter la mammite clinique, des méta-analyses ont révélé une sensibilité moyenne (cas fondés de mammite clinique) de seulement 68 % (Hamann et Zecconi, 1997) et de 66 % (Nielen *et al.*, 1992). Toutefois, les études résumées dans ces méta-analyses étaient plutôt diversifiées et les algorithmes retenus pourraient être améliorés. De Mol *et al.* (1998) ont décrit une étude approfondie sur le terrain, faisant appel à des algorithmes standards et améliorés. Des systèmes de détection directe de la mammite offerts sur le marché ont été utilisés dans quatre exploitations pendant plusieurs années. Les résultats du logiciel du fabricant faisaient état d'une sensibilité variant de 18 à 36 % et d'une spécificité variant de 98,1 à 99,4 %. On a alors appliqué à ces mêmes données un algorithme spécial

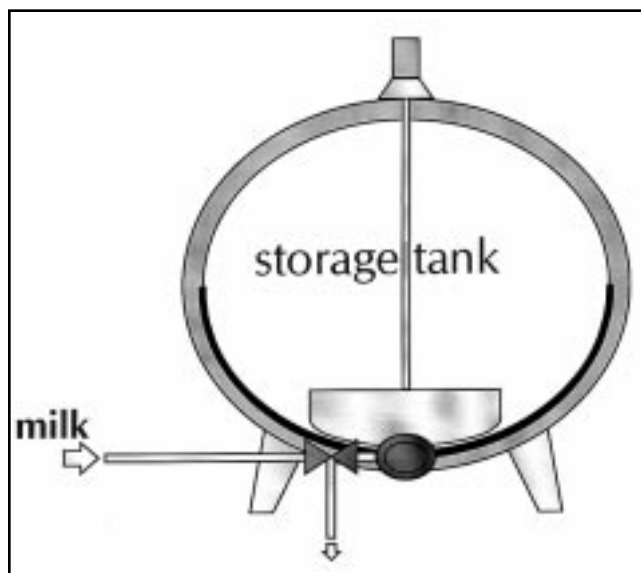
utilisant non seulement les données de CE, mais également la production laitière et la température du lait. Ce modèle offre la possibilité d'émettre des avertissements à divers niveaux de confiance (variant de 95 % à 99,9 %). À un niveau de confiance de 95 %, la sensibilité et la spécificité générales étaient de 80 % et de 98,6 % respectivement. À un niveau de confiance de 99,9 %, ces chiffres étaient respectivement de 55 % et de 99,3 % respectivement pour la sensibilité et la spécificité. Avec de telles caractéristiques, la CE jumelée aux autres sources d'information offertes pourrait très bien être utilisée pour établir les listes de contrôle relatives à la mammite clinique. Un ajustement de ces algorithmes pour le robot de traite a également donné des résultats prometteurs (De Mol et Ouweltjes, 2001). L'application de la logique floue a permis une amélioration marquée en réduisant le nombre de faux résultats positifs (De Mol et Woldt, 2001). Les robots de traite actuellement sur le marché n'ont pas encore intégré ces types d'algorithmes améliorés.

On note des progrès relativement à de nouveaux types de capteurs, tels que les mesures au proche infrarouge, déjà au stade de la mise au point pour mesurer en direct la composition du lait (Tsenkova *et al.*, 1999; Tsenkova *et al.*, 2000) ainsi que sa couleur. Les premiers résultats de laboratoire portant sur la mesure de la couleur ont révélé de bonnes perspectives pour l'application en direct (Ouweltjes et Hogeveen, 2001). Les futures avancées technologiques pourraient porter sur les techniques de biocaptage (Mottram *et al.*, 2000).

Refroidissement

Il est généralement recommandé de refroidir le lait à une température inférieure à 4 °C dans les trois heures

Figure 4. Représentation schématique d'un réservoir à lait à refroidissement direct



suivant la traite. Avec les systèmes de traite classiques, les vaches sont traites deux fois par jour; donc, à deux reprises dans la journée, un important volume de lait doit être refroidi. Avec le robot de traite, toutefois, le système fonctionne 24 heures par jour et une quantité relativement limitée de lait circule de façon plus ou moins continue vers le réservoir à lait. Le débit moyen oscille entre 50 et 250 kg à l'heure pour un système comportant de une à quatre stalles de traite. Par contre, pendant la nuit, il peut y avoir des périodes où le débit est nul en raison du faible niveau d'activité des vaches.

Le lait peut être refroidi directement ou indirectement. La plupart des réservoirs à lait fonctionnent par refroidissement direct, ce qui veut dire que l'évaporateur du système de refroidissement a un contact thermique direct avec le lait ou le réservoir intérieur du réservoir à lait (figure 4). Dans le cas du refroidissement indirect, la chaleur est transférée du lait au gaz refroidissant par le biais d'un support tel que l'eau glacée. Le refroidissement direct constitue le système le plus couramment utilisé.

Dans un système à refroidissement direct du lait, le système de refroidissement ne se met en marche que lorsque la cuve contient environ 10 % de lait. Cette mesure vise à prévenir le risque de congélation du lait et de détérioration de la qualité. Dans une salle de traite classique, il faudra prévoir de 0,5 à 1 heure pour obtenir ce volume de 10 %, tandis qu'avec un système de traite automatisé, il faut compter jusqu'à 10 heures. Un tel délai dans le refroidissement accroît le risque de prolifération bactérienne. De plus, plusieurs entreprises laitières exigent que le lait, y compris celui qui provient de fermes avec robot de traite, soit refroidi dans les 3 heures à moins de 4 °C. Afin de respecter ces exigences, une exploitation équipée d'un robot de traite doit apporter des ajustements à son système de refroidissement.

Les systèmes de traite automatisés peuvent utiliser différents systèmes d'entreposage et de refroidissement du lait. L'exigence de base est que le système puisse fonctionner dans les conditions inhérentes à la traite automatisée. Dans certains cas, il peut s'avérer pratique d'avoir un système de refroidissement pouvant servir à l'entreposage du lait lorsque le réservoir à lait est vidé et nettoyé. Cela permet au robot de traite de continuer la traite, ce qui accroît du même coup la capacité du système. En général, quatre méthodes différentes peuvent être utilisées pour adapter le système de refroidissement au robot de traite (Wolters *et al.*, 2000) :

- refroidissement indirect avec un bac à eau glacée;
- jumelage d'un réservoir à lait et d'un réservoir tampon;
- réservoir d'entreposage à mode de refroidissement ajusté;
- refroidissement instantané.

Refroidissement indirect

Le refroidissement à l'aide d'un bac à eau glacée est une forme de refroidissement indirect connue depuis déjà plusieurs années. Le réservoir à lait est doté d'un système de refroidissement indirect qui se compose d'une unité de refroidissement distincte et du réservoir à lait. L'unité de refroidissement distincte fait office d'enveloppe externe du réservoir à lait, et produit de la glace et de l'eau glacée (figure 5). L'eau glacée sert de support de refroidissement et est pulvérisée sur la paroi du réservoir à lait interne. Le lait ne peut jamais geler et le refroidissement débute dès l'arrivée de lait dans le réservoir. En général, la consommation d'énergie des bacs à eau glacée est supérieure à celle des systèmes de refroidissement direct. La consommation d'énergie estimée du bac à eau glacée est de 22 à 25 kWh/1 000 kg de lait; par comparaison, la consommation d'énergie estimée de la combinaison réservoir à lait et réservoir tampon est de 16,6 kWh/1 000 kg de lait. Le refroidissement peut cependant coûter moins cher, car avec le bac à eau glacée, le refroidissement peut essentiellement se faire la nuit, et dans certains pays, le coût du kWh est largement inférieur la nuit.

Combinaison réservoir à lait/réservoir tampon

Le réservoir tampon (un petit réservoir à lait, y compris le système de refroidissement et de nettoyage) est utilisé pour entreposer et refroidir le lait lorsque le réservoir à lait est vidé et nettoyé (figure 6). Lorsque le réservoir tampon est plein à 10 %, ce qui prend de 2 à 3 heures, le lait peut être refroidi. Dès que le réservoir tampon contient plus de 10 % du réservoir à lait, le lait est

pompé manuellement ou automatiquement dans le réservoir à lait. Ce dernier prend la relève du processus de refroidissement sans risquer de geler le lait. Le réservoir tampon sera nettoyé et non utilisé jusqu'à la prochaine livraison de lait à la laiterie. L'inconvénient de ce système, surtout lorsque le réservoir tampon est surdimensionné par rapport au réservoir à lait, est qu'il peut lui falloir plus de 3 heures pour être rempli à 10 % (Wolters *et al.*, 2000).

Mode de refroidissement ajusté

Certains fabricants vendent des réservoirs à lait équipés d'un système de refroidissement à intervalles. Le réservoir ressemble plus ou moins à un réservoir à refroidissement direct, mais le dispositif de commande de l'évaporateur du réservoir a été modifié. Le thermostat, qui commande le processus de refroidissement de l'évaporateur, est mis hors tension au cours du remplissage des premiers 10 % du réservoir à lait. Durant cette période, l'évaporateur est mis sous tension pendant quelques minutes, plusieurs fois à chaque heure, de façon à ce que le lait du réservoir refroidisse sans toutefois geler. Un système spécial établit la durée et la fréquence requises des intervalles de refroidissement en fonction du débit du lait, de la température du lait à son arrivée, de la capacité de refroidissement et de la quantité de lait refroidi dans le réservoir à lait.

Il existe également sur le marché des réservoirs à lait équipés de deux évaporateurs, spécialement conçus pour les robots de traite. Le premier évaporateur débute le refroidissement avec les petites quantités de lait tandis que le second se met en marche lorsque la quantité de lait le justifie.

Refroidissement instantané

Dans ce système, le lait est refroidi par deux prérefroidisseurs avant son arrivée dans le réservoir à lait, durant son transfert du robot de traite au réservoir à lait (figure 7). Le lait est refroidi dans le prérefroidisseur, un échangeur de chaleur dans lequel le réfrigérant coule dans la direction opposée à celle du lait. Un débit continu de lait est nécessaire pour assurer une température constante du lait à sa sortie du prérefroidisseur. À cette fin, on utilise une petite cuve tampon (200 à 300 litres) ainsi qu'une pompe à lait. La cuve tampon sert également à l'entreposage du lait lors de la vidange et du nettoyage du réservoir à lait, après la collecte du lait. La cuve tampon et les tuyaux de transfert sont nettoyés en même temps que le robot de traite.

Chacun des systèmes décrits plus haut a ses avantages et ses inconvénients (Wolters *et al.*, 2000). Une fois prise la décision d'investir dans un robot de traite, le refroidissement constitue l'un des éléments les plus importants dont il faut tenir compte.

Figure 5. Représentation schématique d'un réservoir à lait à refroidissement à l'eau glacée

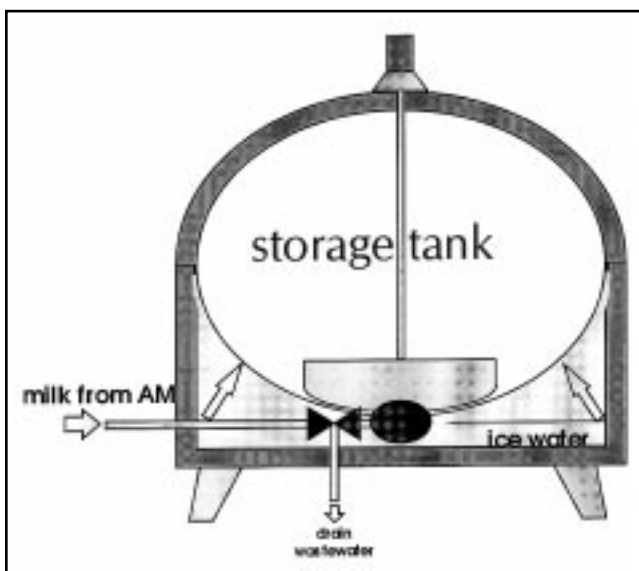


Figure 6. Représentation schématique d'un réservoir à lait avec réservoir tampon

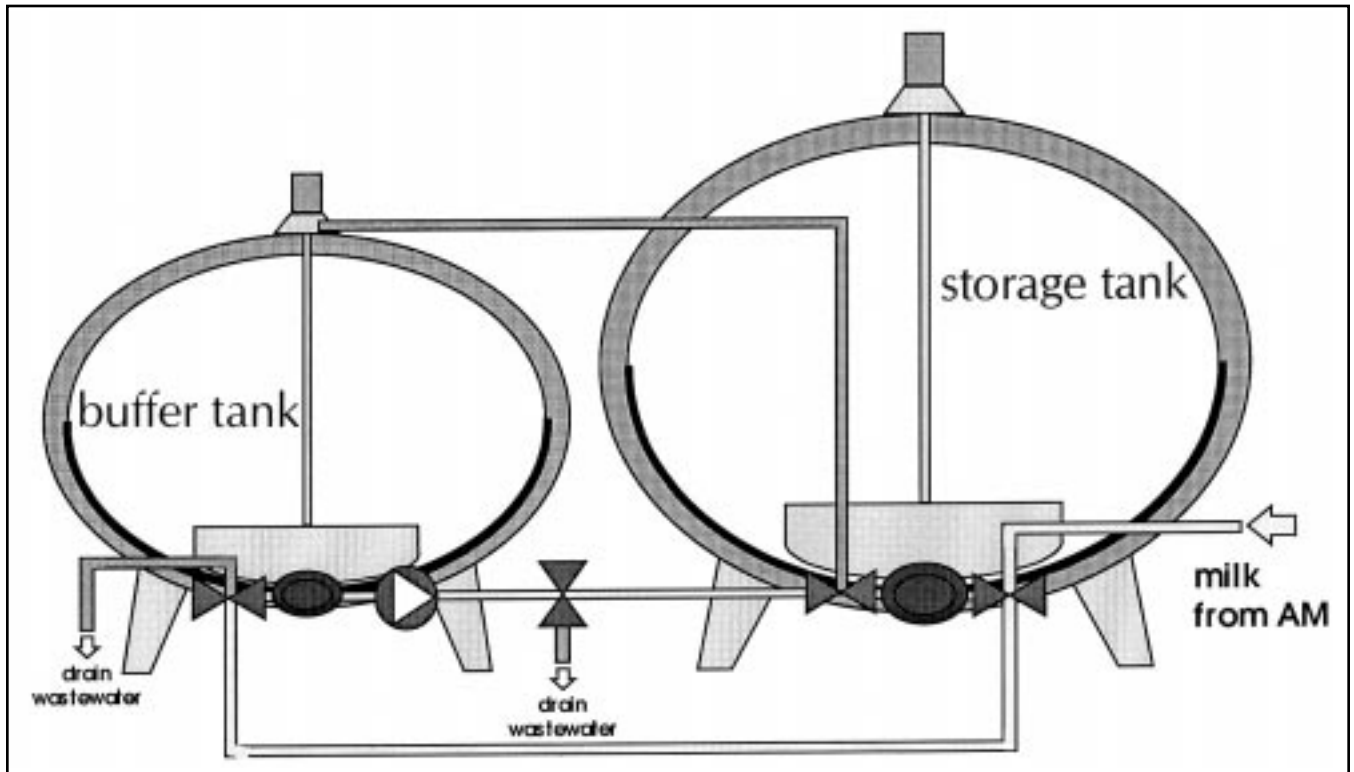
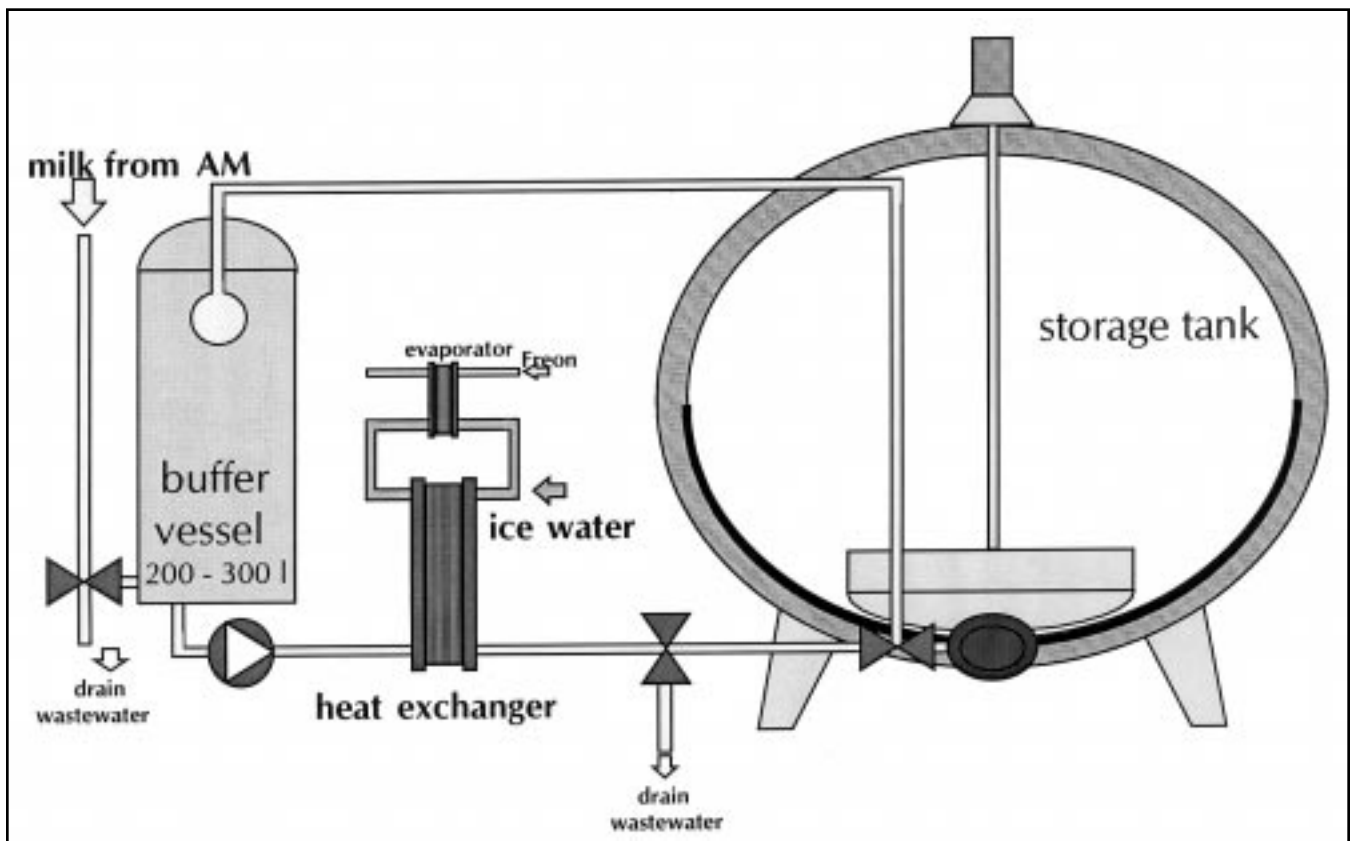


Figure 7. Représentation schématique d'un réservoir à lait à refroidissement instantané



FRÉQUENCE DE TRAITE

Une des caractéristiques importantes du robot de traite est qu'il permet d'augmenter le nombre de traites par vache par jour. C'est un fait établi que la production de lait, à l'heure, dépend de l'intervalle de traite (Davis *et al.*, 1998; Ouweltjes, 1998). Dans les lactations complètes, on a obtenu une hausse de rendement du lait de 6 à 25 % lorsque la fréquence de traite est passée de deux à trois par jour (Erdman et Varner, 1995; Klei *et al.*, 1997; Hogeveen *et al.*, 2000). L'augmentation de la fréquence de traite de deux à trois par jour semble également favoriser une meilleure condition du pis. Certaines études ont révélé une diminution du compte de cellules somatiques (CS) (Klei *et al.*, 1997; Hogeveen *et al.*, 2000). Grâce à ces données, on a affirmé que l'introduction de la traite automatisée pouvait accroître la production de lait par vache, et même avoir des effets bénéfiques sur la santé du pis (Hillerton et Winter, 1992; Paape *et al.*, 1992).

Aux Pays-Bas, les données sur les troupeaux laitiers montrent que la production de lait quotidienne augmente de 11,4 % lorsque les exploitations passent d'une salle de traite classique, à deux traites par jour, au robot de traite (données non publiées). Toutefois, comme on l'explique à la section sur la qualité du lait, on ne note aucune amélioration du CS. Une différence importante entre le robot de traite et la salle de traite classique est que les vaches doivent accéder à leur gré au robot de traite. Par conséquent, les vaches ne seront pas traitées à intervalles fixes. Il est possible que les traites soient entrecoupées d'intervalles très courts ou très longs.

La figure 8 illustre la distribution statistique des intervalles de traite à partir de données sur deux ans provenant de la ferme de haute technologie Waiboerhoeve, de l'Institut de recherche en zootechnologie. À l'époque, la ferme comptait 66 vaches (Hogeveen *et al.*, 2001). La distribution statistique des intervalles de traite montre que l'intervalle de traite moyen était de 8 heures, mais que des intervalles de traite très courts et très

longs ont été observés. Pour l'ensemble des traites, 17,6 % et 4,2 % affichaient un intervalle de traite préalable de plus de 12 et 16 heures, respectivement. Les intervalles de traite plus longs influent négativement sur la production de lait, et fort probablement aussi sur l'état du pis (Stelwagen *et al.*, 1997; Stelwagen et Lacey-Hulbert, 1996). Les études portant sur les traites quotidiennes uniques indiquaient qu'après 17 heures d'accumulation de lait, d'importants changements fonctionnels se produisaient dans les tissus du pis (Stelwagen *et al.*, 1997).

Outre les intervalles longs, il se produit également des intervalles courts (figure 8). Respectivement 34,6, 9,7 et 0,5 % de toutes les traites affichaient un intervalle de traite préalable inférieur à 8, 6 et 4 heures. Il a été démontré qu'une augmentation de la fréquence de traite de 3 à 4 par jour, et donc une réduction de l'intervalle de traite, avait des effets néfastes sur l'état des trayons (Ipema et Benders, 1992). Au moyen d'ultrasons, Neijenhuis *et al.* (2001) ont mesuré le temps nécessaire aux trayons, après la traite, pour reprendre leur longueur et leur largeur normales. Il a été établi qu'il peut falloir jusqu'à 8 heures, ce qui laisse entendre que les intervalles de traite ne devraient pas être inférieurs à 8 heures (Neijenhuis *et al.*, 2001). En outre, les intervalles de traite très longs et très courts peuvent accroître le risque d'une infection intramammaire.

À partir du même groupe de données, les effets de la fréquence de traite sur la production laitière ont pu être établis. Les calculs ont montré que des intervalles de traite plus courts favorisaient une production de lait à l'heure supérieure. Ce résultat dépend du taux de production de la vache. Ainsi, l'effet était plus marqué chez les vaches très productives que chez les vaches moins productives. La présence de variations dans les intervalles de traite peut s'expliquer en partie par des facteurs liés à la vache. Il est probable que les vaches ne manifestent pas toutes la même envie de se rendre au robot de traite. Par conséquent, les fréquences de traite moyennes (traites par jour) ont été calculées pour toutes les vaches au cours d'une période d'expérimentation de deux ans (figure 9). La plupart des vaches affichaient une fréquence de traite moyenne de 2 à 2,5 traites par

Figure 8. Distribution statistique des intervalles entre les traites, basée sur les 92 619 traites d'une exploitation sur deux ans

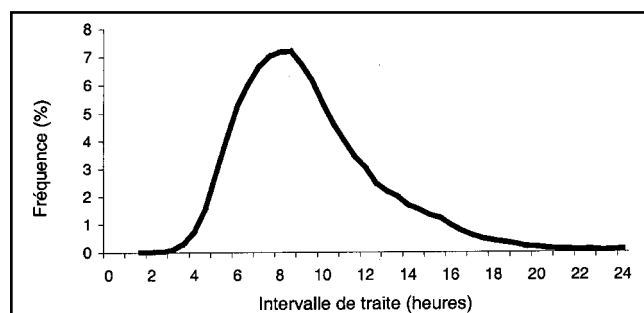
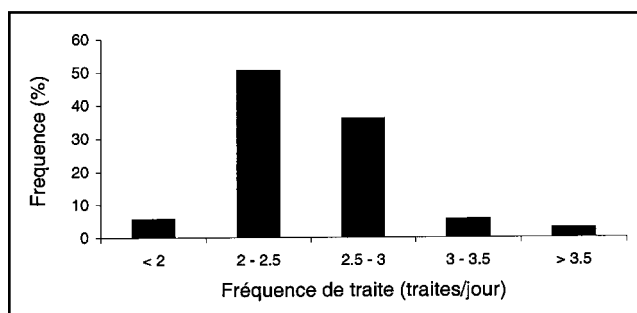


Figure 9. Distribution statistique de la fréquence de traite (moyenne par vache)



jour. Cependant, 6 % des vaches ont affiché une fréquence de traite moyenne inférieure à 2 traites par jour et 9 % des vaches ont obtenu une fréquence de traite moyenne supérieure à 3 traites.

Répercussions de la fréquence de traite sur la capacité

La capacité d'un robot de traite est souvent exprimée en nombre de traites par jour, mais ce chiffre dépend en grande partie de la configuration du robot de traite, comme le nombre de stalles et l'utilisation de barrières de sélection, la fréquence de traite, la disponibilité réelle du robot de traite et la dimension du troupeau. L'augmentation du nombre de traites par vache par jour ne contribue pas nécessairement à une production élevée de lait (en kg par jour). Cette situation est attribuable au temps plus ou moins long de maintenance du robot pour chaque traite et à la baisse de production de lait par traite lorsque le nombre de traites est accru. Or, le défi consiste à maximiser la capacité du robot de traite pour ce qui est de la production quotidienne de kilogrammes de lait, afin de réduire les coûts au kilogramme de lait (De Koning et Ouweltjes, 2000). Le débit et le rendement du lait influent considérablement sur la production en kg/jour.

Le débit et le rendement du lait sont en grande partie influencés par la fréquence de traite. Si l'on modifie les critères relatifs à la traite de chaque vache (c'est-à-dire le moment où la vache peut être traitée), on peut optimiser le robot de traite de façon à obtenir une capacité maximale en kg/jour. Outre les effets sur la capacité, il faut également tenir compte des répercussions négatives de certains intervalles de traite, telles qu'une augmentation des AGL avec les intervalles plus courts et éventuellement une augmentation du CS avec des intervalles de traite longs et courts. Il reste encore beaucoup à faire afin de conseiller judicieusement les producteurs sur l'optimisation de la fréquence de traite.

AMÉNAGEMENT DE L'ÉTABLE ET PÂTURAGE

La traite automatisée met l'accent sur la motivation de la vache à visiter plus ou moins volontairement le robot de traite. Le principal élément de motivation de la vache qui visite le robot de traite est l'approvisionnement en concentrés. Par conséquent, tous les robots de traite actuels sont équipés de distributeurs de concentrés. Au cours de la transition du système de traite classique au robot de traite, les vaches doivent apprendre à visiter le robot à des périodes différentes de celles qui caractérisaient la traite classique. Cela demande donc une attention toute spéciale et, au cours de la première semaine, l'intervention humaine sera requise.

Aménagement de l'étable

Dans le but de faciliter une circulation fluide des vaches, l'aménagement et la conception de l'étable constituent des aspects importants de la traite automatisée. Toutes les positions possibles du robot de traite dans l'étable sont illustrées à la figure 10. La recherche a permis d'établir clairement qu'une certaine forme de parcours s'impose pour que les vaches visitent le robot de traite. Le type A, à la figure 10, ne constitue donc pas une option. Le parcours dans l'étable doit respecter le principe repas/repos/traites. Les vaches doivent pouvoir accéder facilement à la stalle de traite. Il faut donc éviter autant que possible les barrières de sélection, les longs couloirs, etc. Le robot de traite doit faire partie intégrante d'une étable en stabulation libre (Lind *et al.*, 2000). Afin de réduire la distance à parcourir par les vaches, le robot de traite doit être disposé le plus possible au centre de l'étable. Cependant, pour une question d'hygiène, l'industrie laitière de plusieurs pays exige que le robot de traite soit installé à proximité de la salle de traite. De plus, on exige que le parcours menant au robot de traite soit d'une grande propreté. Les situations B et C de la figure 10 sont les plus souvent pratiquées. Bien que la distribution de concentrés puisse se faire et se fera au robot de traite, les vaches très productives ne peuvent manger suffisamment pour accumuler l'énergie nécessaire. Il faut donc y aller d'un apport supplémentaire de concentrés, soit sous forme de RTM ou d'un distributeur de concentrés. C'est pourquoi, aux Pays-Bas, la plupart des étables dotées d'un robot de traite sont également équipées d'un distributeur de concentrés. Lorsqu'on planifie un aménagement et un parcours précis des vaches, il est important de prendre conscience que l'apport de concentrés influe sur l'apport subséquent de fourrage grossier (Morita *et al.*, 1996). La figure 11 propose un aménagement d'étable potentiel auquel peuvent s'appliquer les situations B et C. Les deux situations présentent un parcours différent pour les vaches. La situation B prévoit la libre circulation des vaches. Cela veut dire que les vaches peuvent se déplacer de l'aire de repos jusqu'à l'aire de repas sans passer par le robot de traite. Dans le scénario de circulation à sens unique de la vache, celle-ci ne peut se déplacer que de l'aire de repos à l'aire de repas qu'en faisant un arrêt au robot de traite. Bien que l'utilisation la plus efficace du robot de traite passe par l'application d'une circulation à sens unique de la vache, on s'entend généralement pour dire que la circulation libre de la vache favorise le bien-être de l'animal. Le comportement des vaches a changé lorsqu'on est passé d'un parcours à circulation libre à un parcours à circulation à sens unique (Ketelaar-de Lauwere, 1998; Metz-Stefanowska *et al.*, 1993; Winter *et al.*, 1992; Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 2000a). De plus, avec le parcours à circulation à sens unique, le temps que passent les vaches dans l'aire d'attente avant d'accéder au robot de traite risque d'être long (Hogeveen *et al.*, 1998). Cela pourrait également influencer sur l'ingestion de fourrage grossier, qui risque d'être trop limitée dans un parcours à circulation à sens unique.

Le regroupement des deux types de parcours est également possible : on oblige un certain nombre de vaches à se rendre d'abord au système de traite pendant que les autres vaches franchissent une barrière « intelligente » spéciale (identification des vaches) les menant à l'aire de repas.

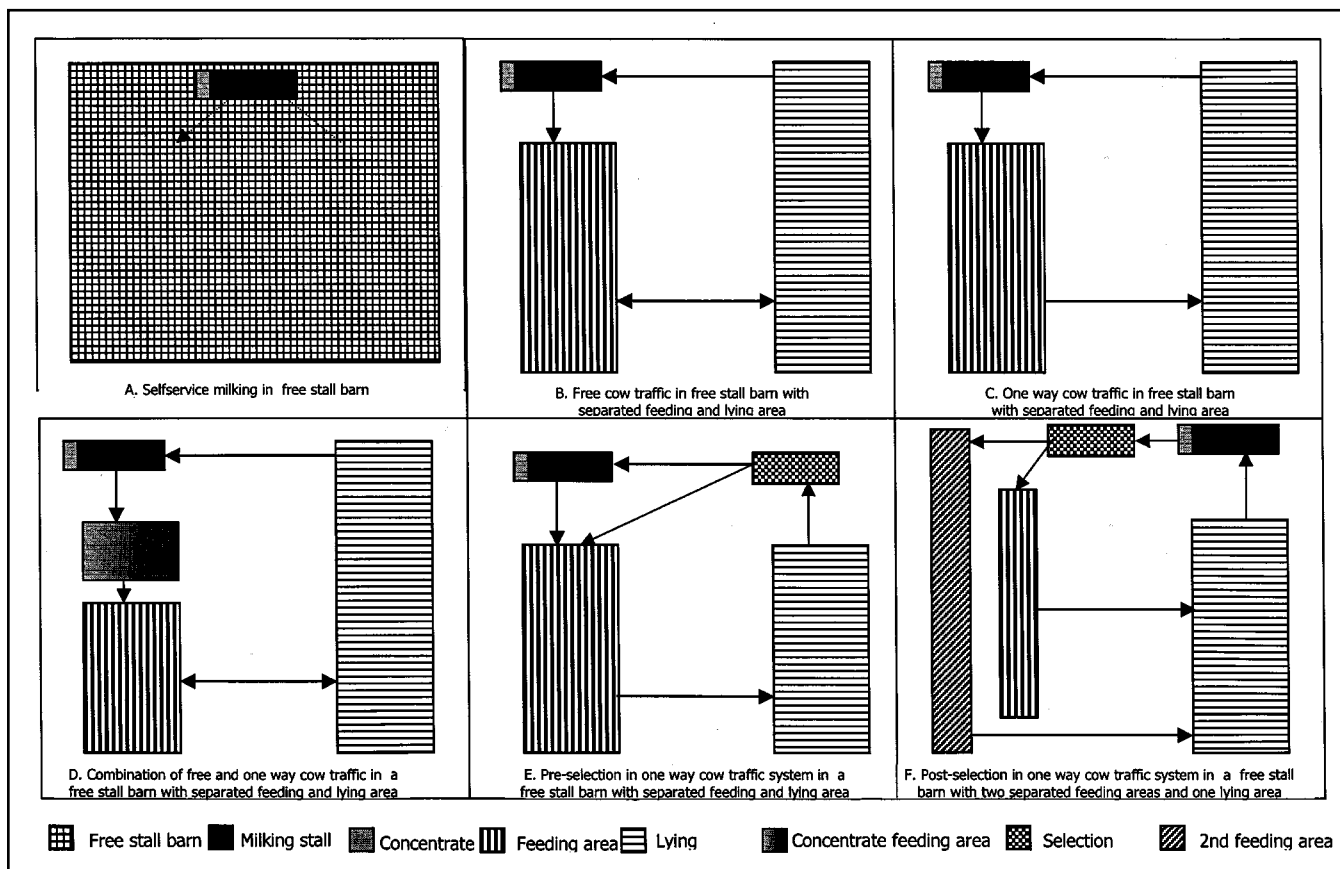
Pâturage

Dans plusieurs pays du monde, le pâturage est routinier. Aux Pays-Bas, on pratique le jour un système de pâturage relativement intensif. Avec le robot de traite, le zéro pâturage est préférable d'un point de vue économique (Parsons et Mottram, 2000). Cependant, le séjour permanent en étable est sujet à controverse pour de nombreux consommateurs et producteurs européens, l'inquiétude du public étant surtout liée au bien-être des animaux et aux modifications apportées au régime alimentaire (Mathijs, 2000). L'industrie laitière estime donc profitable d'adopter une approche proactive de ces questions (Millar, 2000).

Peu d'études ont été publiées sur la combinaison du robot de traite et du pâturage. Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1999) ont décrit une étude dans laquelle le zéro

pâturage était jumelé à un pâturage limité (12 heures par jour) et à un pâturage illimité (24 heures par jour). La fréquence de traite quotidienne moyenne a diminué avec le pâturage illimité, comparativement au pâturage limité et au zéro pâturage. Toutefois, on ne notait aucun écart de la fréquence de traite quotidienne entre le pâturage limité et le zéro pâturage. On en a donc conclu que la combinaison du pâturage et du robot de traite est possible. De plus, on a conclu que les vaches préféraient se reposer en pâturage plutôt que dans les logettes. Dans une étude de suivi, les effets de la distance jusqu'à l'étable (et donc au robot de traite) et de la hauteur du pâturage ont été évalués (Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 2000b). Une distance pouvant atteindre 360 mètres n'influaient pas sur le nombre de visites au robot de traite. De plus, avec une hauteur de pâturage moins élevée, et donc moins d'herbe, le nombre de visites au robot de traite a augmenté. Le principal inconvénient des deux études réside dans le petit nombre de sujets utilisés (24 vaches). L'utilisation d'un petit nombre de vaches donne lieu à une surcapacité du robot de traite. Autrement dit, il est difficile de transposer ces résultats dans la pratique lorsqu'un nombre beaucoup plus élevé de vaches fréquentent un robot de traite.

Figure 10. Systèmes de circulation des vaches dans les étables avec robot de traite
(source : Lind *et al.*, 2000)



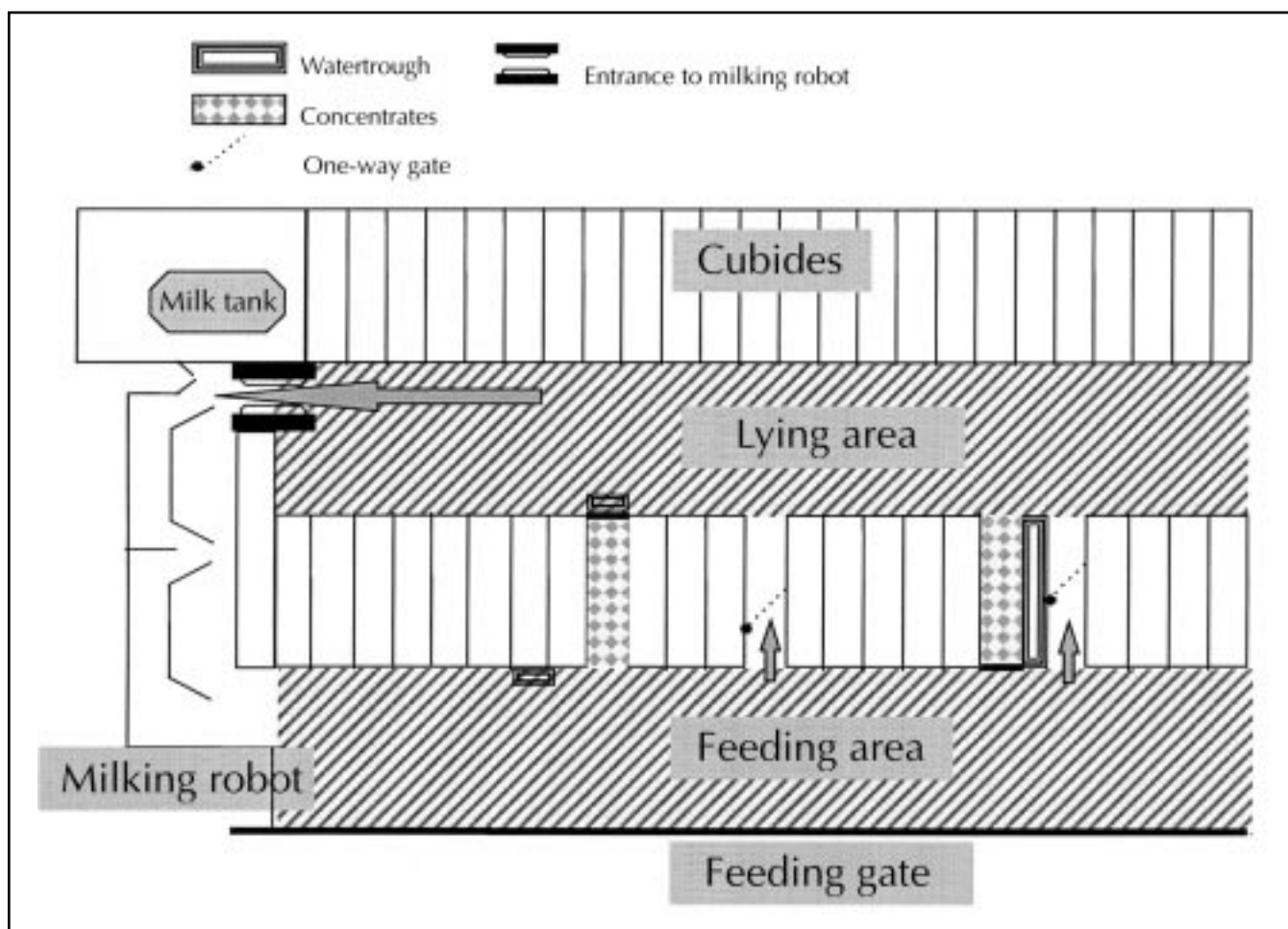
Aux Pays-Bas, une proportion considérable (environ 10 à 20 %) des exploitations avec robot de traite appliquent le pâturage, ce qui prouve la validité de la combinaison du pâturage et du robot de traite (Van 't Land *et al.*, 2000). Vingt-cinq de ces exploitations ont été visitées afin de colliger des données sur le terrain relativement à la traite automatisée et au pâturage (Ruis-Heutinck *et al.*, 2001). Les résultats obtenus dans ces exploitations ont montré qu'il n'y avait pas d'écart, au sein de chaque exploitation, dans le nombre de vaches accompagnées (c'est-à-dire qui ne fréquentent pas volontairement le robot de traite) entre le zéro pâturage et le pâturage. Durant l'hiver, la fréquence de traite moyenne par vache par jour atteignait 2,9 et, durant l'été, lorsque le pâturage était pratiqué, cette fréquence était de 2,7 traites par vache par jour. On a également établi que les visites au robot de traite ont diminué lorsque les vaches étaient transférées à un nouveau pâturage. On a aussi établi un effet de la distance entre le pâturage et le robot de traite. Les résultats de cette étude ont également indiqué qu'en dépit de certains effets négatifs du pâturage sur la capacité du robot de traite, le pâturage est possible. Cette conclusion est confirmée par une

autre étude hollandaise sur le terrain (Van 't Land *et al.*, 2000) qui conclut que les méthodes de pâturage sont en grande partie fonction de la préférence du producteur et de sa situation personnelle, d'où la difficulté de décrire une situation optimale.

CONCLUSION

Le nombre d'exploitations équipées d'un robot de traite a augmenté rapidement au cours des dernières années. Dans les régions caractérisées par une main-d'œuvre onéreuse ou rare, le robot de traite constitue une solution de rechange très valable pour remplacer la salle de traite classique. L'introduction de la traite automatisée a d'importantes répercussions sur la ferme et influe sur tous les aspects de la production laitière. Parmi les aspects importants à considérer, notons la qualité du lait, la gestion, l'aménagement de l'étable et le pâturage. L'utilisation efficace du robot de traite dépend en grande partie des conditions de la ferme et des compétences du producteur en matière de gestion.

Figure 11. Aménagement d'une étable avec robot de traite rendant possible la circulation à sens unique ou libre des vaches



RÉFÉRENCES

- Armstrong, D.V. and L.S. Daugherty. 1997. Milking robots in large dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 123-128.
- Artmann, R. 1997. Sensor systems for milking robots. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 123-128.
- Davis, S. R., V.C. Farr, P.J.A. Copeman, V.R. Carruthers, C.H. Knight and K. Stelwagen. 1998. Partitioning of milk accumulation between cisternal and alveolar compartments of the bovine udder: relationship to production loss on once-daily milking. *Journal of Dairy Research* 65: 1-8.
- De Koning, K and W. Ouweltjes. 2000. Maximising the capacity of an automatic milking system. Page 38-46 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) *Robotic milking*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- De Mol, R.M. and W. Ouweltjes. 2001. Detection model for mastitis in cows milked in an automatic milking system. *Preventive Veterinary Medicine* 49: 71-82.
- De Mol, R.M., W. Ouweltjes and G.H. Kroeze. 1998. Detection of estrus and mastitis: Field performance of a model. Page 865-883 in: F.S. Zazuetza and J. Xin (editors) *7th International Conference on Computers in Agriculture*, ASAE, St Joseph, MI, USA.
- De Mol, R.M. and W.E. Woldt. 2001. Application of fuzzy logic in automated cow status monitoring. *Journal of Dairy Science* 84: 400-410.
- Devir, S., H. Hogeveen, P.H. Hogewerf, A.H. Ipema, C.C. Ketelaar-de Lauwere, W. Rossing, A.C. Smits and J. Stefanowska. 1996. Design and implementation of a system for automatic milking and feeding. *Canadian Agricultural Engineering* 38: 107-113.
- Dijkhuizen, A.A., R.B.M. Huirne, S.B. Harsh and R.W. Gardner. 1997. Economics of robot application. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 111-121.
- Dück, M. 1992. Evolution of Düvelsdorf milking robot. Page 49-54 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) *Prospects for automatic milking*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Erdman, R.A. and M. Varner. 1995. Fixed yield responses to increased milking frequency. *Journal of Dairy Science* 78: 1199-1203.
- Hachiya, M., T. Furuyama, I. Fukumori, K. Ichito, A. Hirata and T. Kuwana. 2000. Basic studies on design & evaluation of milking robot system- Part 2: Basic structure and physical parameters of mechanical system. *Japanese Journal of Livestock Management* 36: 115-127.
- Hamann, J. and A. Zecconi. 1998. Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. *Bulletin of the International Dairy Federation* No 334, Brussels, Belgium.
- Hillerton, J. E. and A. Winter. 1992. The effects of frequent milking on udder physiology and health. Page 201-212 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) *Prospects for automatic milking*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Hogeveen, H., J.D. Miltenburg, S. den Hollander and K. Frankena. 2000. A longitudinal study on the influence of milking three times a day on udder health and milk production. Page 297-298 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) *Robotic milking*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Hogeveen, H., W. Ouweltjes, C.J.A.M. de Koning and K. Stelwagen. 2001. Milking interval, milk production and milk flow rate in an automatic milking system. *Livestock Production Science*, accepted for publication.
- Hogeveen, H., A.J.H. van Lent and C.J. Jagtenberg. 1998. Free and one-way cow traffic in combination with automatic milking. Page 80-87 in J.P. Chastain (editor) *Proceedings of the Fourth International Dairy Housing Conference*, ASAE 01-98, Michigan, U.S.A.
- Ipema, A.H. and E. Benders. 1992. Production, duration of machine-milking and teat quality of dairy cows milked 2, 3 or 4 times daily with variable intervals. Page 244-252 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) *Prospects for automatic milking*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Ipema, A.H. and E. Schuiling. 1992. Free fatty acids; influence of milking frequency. Page 491-496 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) *Prospects for automatic milking*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Jellema, A. 1986. Some factors affecting the susceptibility of raw cow milk to lipolysis. *Milchwissenschaft* 41: 553-558.
- Justesen, P. and M.D. Rasmussen. 2000. Improvement of milk quality by the Danish AMS self-monitoring programme. Page 83-88 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) *Robotic milking*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., M.M.W.B. Hendriks, J.H.M. Metz and W.G.P. Schouten. 1998. Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a

- simulated automatic milking system environment. *Applied Animal Behavioural Science* 56: 13-28.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., M.M.W.B. Hendriks, J. Zondag, A.H. Ipema, J.H.M. Metz and J.P.T.M. Noordhuizen. 2000a. The influence of routing treatments on cows' visits to an automatic milking system, their time budget and other behaviour. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A - Animal Science* 50: 174-183.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., A.H. Ipema, C. Lokhorst, J.H.M. Metz, J.P.T.M. Noordhuizen, W.G.P. Schouten and A.C. Smits. 2000b. Effect of sward height and distance between pasture and barn on cows' visits to an automatic milking system and other behaviour. *Livestock Production Science* 65: 131-142.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., A.H. Ipema, E.N.J. van Ouwkerk, M.M.W.B. Hendriks, J.H.M. Metz, J.P.T.M. Noordhuizen and W.G.P. Schouten. 1999. Voluntary automatic milking in combination with grazing of dairy cows - Milking frequency and effects on behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 64: 91-109.
- Klei, L.R., J.M. Lynch, D.M. Barbano, P.A. Oltenacu, A.J. Lednor and D.K. Bandler. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. *Journal of Dairy Science* 80: 427-436.
- Klomp, C., W. Jongkind, G. Honderd, J. Dessing and R. Paliwoda. 1990. Development of an autonomous cow-milking robot control system. *IEEE Control Systems Magazine* 10: 11-19.
- Klungel, G.H., B.A. Slaghuis and H. Hogeveen. 2000. The effect of the introduction of automatic milking on milk quality. *Journal of Dairy Science* 83: 1998-2006.
- Lind, O., A.H. Ipema, C. de Koning, T.T. Mottram and H.-J. Hermann. 2000. Automatic Milking. *IDF Bulletin, International Dairy Federation, Bruxelles, Belgium*.
- Marchal, Ph., G. Rault, Ch. Collewet and L. Wallian. 1992. Mains project - Automatic milking. Page 33-39 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) *Prospects for automatic milking*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Mathijs, E. 2000. Page 243-247 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) *Robotic milking*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Metz-Stefanowska, J., A.H. Ipema, C.C. Ketelaar-de Lauwere and E. Benders. 1993. Feeding and drinking strategy of dairy cows after the introduction of one-way traffic into loose housing system, in the context of automatic milking. Page 319-329 in E.C. Collins and C. boon (editors), *International Livestock Environment IV*, ASAE 03-93, Michigan, U.S.A.
- Millar, K. 2000. The role of bioethical analysis in assessing automatic milking systems (AMS): Examples of animal issues Page 248-258 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) *Robotic milking*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Miller, R.H., L.A. Fulton, B. Erez, W.F. Williams and R.E. Pearson. 1995. Variation in distances among teats of Holstein cows: Implications for automated milking. *Journal of Dairy Science* 78: 1456-1462.
- Morita, S., S. Devir, C.C. Ketelaar-de Lauwere, A.C. Smits, H. Hogeveen and J.H.M. Metz. 1996. Effects of concentrate intake on subsequent roughage intake and eating behavior of cows in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 79: 1572-1580.
- Mottram, T. 1992. Passive methods of modifying cow posture for automated and robotic milking systems. *Journal of Agricultural Engineering Research* 52: 285-293.
- Mottram, T. 1997. Requirements for teat inspection and cleaning in automatic milking systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 63-77.
- Mottram T, J. Hart and R. Pemberton. 2000. Biosensing techniques for detecting abnormal and contaminated milk. Page 108-113 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) *Robotic milking*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Nielen, M., H. Deluyker, Y.H. Schukken and A. Brand. 1992. Electrical conductivity of milk: measurement, modifiers and meta analysis of mastitis detection performance. *Journal of Dairy Science* 75: 606-714.
- Neijenhuis, F., G.H. Klungel and H. Hogeveen. 2001. Recovery of teats after milking as determined by ultrasonographic scanning. *Journal of Dairy Science*, accepted.
- Ouweltjes, W. 1998. The relationship between milk yield and milking interval in dairy cows. *Livestock Production Science* 56: 193-201.
- Ouweltjes, W. and H. Hogeveen. 2001. Detecting abnormal milk through colour measuring. Page 217-219 in *National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings*, NMC, Madison, WI, USA.
- Paape, M. J., Capuco, A.V., Lefcourt, A., Burvenich, C., Miller, R.H., 1992. Physiological response of dairy cows to milking. Page 93-105 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) *Prospects for automatic milking*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Pankey, J.W. 1989. Premilking udder hygiene. *Journal of Dairy Science* 72: 1308-1312.

Parsons, D.J. and T.T.F. Mottram. 2000. An assessment of herd management aspects of robotic milking on UK dairy farms. Page 212-220 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) Robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.

Reinemann, D.J. and D. Jackson Smith. 2000. Evaluation of automatic milking systems for the United States. Page 232-238 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) Robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.

Rodenburg, J. and D.F. Kelton. 2001. Automatic milking systems in North America: Issues and challenges unique to Ontario. Page 163-169 in National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings, NMC, Madison, WI, USA.

Rossing, W. and P.H. Hogewerf. 1997. State of the art of automatic milking systems. Computers and Electronics in Agriculture 17: 1-17.

Rossing, W, A.H. Ipema and P.F. Veltman. 1985. The feasibility of milking in a feeding box. IMAG Research Report 85-2, Wageningen, The Netherlands.

Ruis-Heutinck, L.F.M., H.J.C. van Dooren, A.J.H. van Lent, C.J. Jagtenberg and H. Hogeveen. 2001. Automatic milking in combination with grazing on dairy farms in the Netherlands (abstract). In proceedings of the 35th Congress of the International Society for Applied Ethology, Davis, U.S.A.

Schick, M., M.-R. Volet and R. Kaufmann. 2000. Modelling of time requirements and milking capacity in automatic milking systems with one or two milking stalls. Page 32-37 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) Robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.

Schuiling, E. 1992. Teat cleaning and stimulation. Page 164-168 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) Prospects for automatic milking. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.

Sonck, B.R. 1995. Labour research on automatic milking with a human-controlled cow traffic. Netherlands Journal of Agricultural Science 43: 261-285.

Stelwagen, K., V.C. Farr, H.A. McFadden, C.G. Prosser and S.R. Davis. 1997. Time course of milk accumulation-induced opening of mammary tight junctions and blood clearance of milk components. American Journal of Physiology 273, R379-R386.

Stelwagen, K., and S.J. Lacy-Hulbert. 1996. Effect of milking frequency on milk somatic cell count characteristics and mammary secretory cell damage in cows. American Journal of Veterinary Research 57: 902-905.

Street, M.J., R.C. Hall, D.S. Spencer, A.L. Wilkin, T.T. Mottram and C.J. Allen. 1992. Design features of the Silsoe automatic milking system. Page 40-48 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) Prospects for automatic milking. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.

Tsenkova, R., S. Atanassova, K. Toyoda, Y. Ozaki, K. Itoh and T. Fearn. 1999. Near-infrared spectroscopy for dairy management: Measurement of unhomogenized milk composition. Journal of Dairy Science 82:2344-2351.

Tsenkova, R., K. Murayama, S. Kawamura, K. Itoh and K. Toyoda. 2000. Near infrared mastitis diagnosis in the process of milking. Page 127 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) Robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.

Van der Linde, R. and J. Lubberink. 1992. Robotic milking system (RMS): design and performance. Page 55-62 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) Prospects for automatic milking. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.

Van der Vorst, Y and H. Hogeveen. 2000. Automatic milking systems and milk quality in the Netherlands. Page 73-82 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) Robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.

Van 't Land, A., A.C. van Lenteren, E. van Schooten, C. Bouwmans, D.J. Gravesteyn and P. Hink. 2000. Effects of husbandry systems on the efficiency and optimisation of robotic milking performance and management. Page 167-176 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) Robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.

Winter, A., R.M. Teverson and J.E. Hillerton. 1992. The effect of increased milking frequency and automated milking systems on the behaviour of the dairy cow. Page 261-269 in A.H. Ipema, A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing (Editors) Prospects for automatic milking. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands.

Wolters, G.M.V.H., J.A.M. Verstappen-Boerekamp, J.S. Minderman and H. Hogeveen. 2000. Cooling and storage requirements for automatic milking. Page 47-55 in: H. Hogeveen and A. Meijering (editors) Robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.

Ce texte a été traduit à partir de la version originale anglaise intitulée : *Concepts and implications of automatic milking.*